



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICH NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 7 :  H01S 5/10, 3/08	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/48277  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 17. August 2000 (17.08.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/01041  (22) Internationales Anmeldedatum: 9. Februar 2000 (09.02.00)		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(30) Prioritätsdaten: 199 05 218.2 9. Februar 1999 (09.02.99) DE		Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 68, D-80636 München (DE).		
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DU, Keming [CN/DE]; Franz-Wallraff-Strasse 100, D-52078 Aachen (DE). LOOSEN, Peter [DE/DE]; Meischenfeld 54, D-52076 Aachen-Kornelimünster (DE). POPRAWE, Reinhart [DE/DE]; Kaiser-Friedrich-Allee 6, D-52074 Aachen (DE). BOUCKE, Konstantin [DE/DE]; Maria-Theresia-Allee 245, D-52074 Aachen (DE).		
(74) Anwalt: GRIMM, Ekkehard; Edith-Stein-Strasse 22, D-63075 Offenbach/Main (DE).		
(54) Title: RESONATOR SYSTEM WITH AT LEAST TWO FOLDING ELEMENTS		
(54) Bezeichnung: RESONATORANORDNUNG MIT MINDESTENS ZWEI FALTUNGSELEMENTEN		
(57) Abstract		
The invention relates to a resonator system with at least two folding elements for folding the beam path. Said folding elements serve to restrict the divergence angle of the radiation. The inventive resonator system is further characterized in that the respective folding is caused by reflection on a reflecting surface of the respective folding element. The beam axis of the radiation and the surface normal of the respective reflecting area are positioned at an angle relative to each other that is greater than the critical angle for the total reflection but smaller than the sum of the critical angle for the total reflection plus the divergence angle of the radiation.		<p>Diagram illustrating the resonator system. A rectangular cavity of height L contains two vertical folding elements labeled 1 and 2. Light rays enter from the left, reflect off the top surface of element 1, and then reflect off the bottom surface of element 2. The distance between the centers of the two elements is b. The refractive index of the air is n<sub>0</sub> = 1. The refractive index of the elements is n<sub>1</sub> &gt; 1, and the refractive index of the reflecting surfaces is n<sub>2</sub> &lt; n<sub>1</sub>. The divergence angle of the radiation is denoted by β = 2(90° - θ), where θ is the angle between the beam axis and the surface normal at the reflecting surface.</p>
(57) Zusammenfassung		
Die vorliegende Erfindung beschreibt eine Resonatoranordnung mit mindestens zwei Faltungselementen zur Faltung des Strahlengangs, wobei die Faltungselemente zur Einschränkung des Divergenzwinkels der Strahlung dienen, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die jeweilige Faltung durch Reflexion an einer reflektierenden Fläche des jeweiligen Faltungselements hervorgerufen wird, wobei die Strahlachse der Strahlung und die Flächennormale der jeweiligen reflektierenden Fläche unter einem Winkel zueinanderstehen, der grösser als der Grenzwinkel für Totalreflexion ist, allerdings kleiner als die Summe aus Grenzwinkel für Totalreflexion und Divergenzwinkel der Strahlung ist.		

***LEDIGLICH ZUR INFORMATION***

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Amenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## PATENTANMELDUNG

„Resonatoranordnung mit mindestens zwei Faltungselementen“

## BESCHREIBUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Resonatoranordnung mit mindestens zwei Faltungselementen zur Faltung des Strahlengangs, wobei die Faltungselemente zur Einschränkung des Divergenzwinkels der Strahlung dienen.

Der einfachste optische Resonator ist der sogenannte Fabry-Resonator, der aus parallel zueinander angeordneten Spiegeln besteht. Zwischen den beiden plan-parallel angeordneten Spiegeln wird derjenige Strahl, der senkrecht auf die Spiegel einfällt, ohne Richtungsänderung hin und her reflektiert. Wird zwischen den beiden Resonatorspiegeln ein verstärkendes Medium platziert, so kann der Strahl hoch verstärkt werden. Die Auskopplung erfolgt durch einen der beiden Spiegel, der hierzu teildurchlässig ausgebildet ist. Andere Strahlen, die abweichend vom senkrechten Einfall auf die Resonatorspiegel treffen, werden nach wenigen Umläufen aus dem Resonator herausreflektiert. Dadurch erfährt der Strahl, der senkrecht auf die Resonatorspiegel fällt, die maximale Verstärkung. Auf diese Weise setzt sich dieser Strahl gegen die anderen Strahlen durch. Damit selektiert der Resonator den senkrecht zu den Spiegeln verlaufenden Strahl infolge der höheren Verstärkung.

Es gibt in der Praxis zahlreiche verschiedene Laser, in denen Medien mit unterschiedlichen Eigenschaften zur Verstärkung eingesetzt werden. So gibt es Lasermedien mit einem geringen Verstärkungsfaktor, wie z.B. Cr:LiSaF, und Lasermedien mit einem extrem hohen Verstärkungsfaktor, wie z.B. im Fall des Diodenlasers. Für Lasermedien mit geringem Verstärkungsfaktor müssen Resonatoren mit einer hohen Güte aufgebaut werden, um einen effizienten Laserbetrieb zu gewährleisten. In diesem Fall reicht oft ein Resonator aus, der aus zwei Spiegeln besteht, um die nötige Modenselektion zu erreichen.

Der Diodenlaser hat andererseits einen extrem hohen Verstärkungsfaktor. Um einen hohen Wirkungsgrad zu erreichen, muß ein großer Teil der im Resonator umlaufenden Strahlung ausgekoppelt werden. So besteht der Resonator eines Halbleiterlasers typischerweise aus einem Endspiegel mit einer Reflexion von ca. 95% und einem Auskoppler mit einer Reflexion von ca. 5%. Dazu kommt die hohe Verstärkung im Vergleich zu konventionellen Lasern. Dadurch bedingt ist die Resonatorgüte minimal und damit die Modenselektionsfähigkeit gering. Dies bedeutet, daß auch Moden mit geringer Strahlqualität entstehen werden.

Eine erhöhte Modenselektion kann z.B. durch eine Apertur erreicht werden. Es gibt grundsätzlich zwei verschiedene Aperturen: zum einen die Blende (Modenblende) und zum anderen die Soft-Verstärkungsapertur (Gain-Guiding).

Für eine erhöhte Modenselektion in Diodenlasern werden in der US-PS 5,231,642 periodische Gitterstrukturen oder verteilte Reflexionsstrukturen verwendet. Die dabei verwendete Struktur kann durch einen photolithographischen Prozeß erzeugt werden. Die Funktion der periodischen Gitterstrukturen oder der verteilten Reflexionsstrukturen besteht darin, zum einen die Modenselektionsfähigkeit zu steigern und zum anderen die Filamentierung zu reduzieren. Die Reflexion an den Gitterstrukturen, wie sie aus der US-PS 5,231,642 bekannt sind, beruht auf konstruktiver Interferenz nach dem Bragg-Prinzip. Grundsätzlich sind derartige Gitter oder Gitterstrukturen schwierig zu fertigen, es treten starke Verluste an den Grenzflächen auf, gerade wenn sie nicht exakt gefertigt sind, sie ergeben unter Umständen relativ große Baugruppen und schließlich zeigen Gitter eine Wellenlängenabhängigkeit der Reflexionseigenschaften.

Ausgehend von dem vorstehend beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Resonatoranordnung anzugeben, mit der wellenlängenunabhängig der Divergenzwinkel der Strahlung innerhalb der Resonatoranordnung geändert bzw. reduziert werden kann.

Diese Aufgabe wird bei einer Resonatoranordnung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die jeweilige Faltung durch Reflexion an einer reflektierenden Fläche des jeweiligen Faltungselements hervorgerufen wird, wobei die Strahlachse der Strahlung und die Flächennormale der jeweiligen reflektierenden Fläche unter einem Winkel zueinanderstehen, der größer als der Grenzwinkel für Totalreflexion, allerdings kleiner als die Summe aus Grenzwinkel für Totalreflexion und Divergenzwinkel der Strahlung ist.

Eine solche Anordnung zeichnet sich dadurch aus, daß insgesamt ein stark winkelabhängiger Reflexionsgrad entsteht, so daß der Divergenzwinkel der im so gestalteten Resonator umlaufenden Strahlung eingeschränkt wird, ohne auf die Bragg-Reflexion an einem Gitter mit den genannten Nachteilen zurückgreifen zu müssen.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Resonatoranordnung wird die jeweilige, reflektierende Fläche durch die Grenzfläche zwischen Materialien mit unterschiedlichen Brechungsindizes gebildet. Diese Anordnung eignet sich insbesondere für Festkörperlaser mit gläsernem oder kristallinem Verstärkungsmedium sowie für Halbleiterlaser.

Weiterhin kann es von Vorteil sein, daß in der Resonatoranordnung teilweise eine Wellenführung durch eine Wellenleiterstruktur erfolgt und daß die jeweilige reflektierende Fläche durch eine Änderung des Profils der Wellenleiterstruktur gebildet ist. Eine solche Anordnung sollte immer dann herangezogen werden, wenn beispielsweise die Höhe des Wellenleiterprofils auf einfache Weise variiert werden kann. Zum Beispiel erfolgt die Wellenführung in Halbleiterlasern in vertikaler Richtung durch eine als Wellenleiter ausgebildete Schichtstruktur. Das Wellenleiterprofil kann in diesem Fall durch Abätzen oberer Schichten verändert werden.

Um einen kompakten Aufbau und, auch ohne Verspiegelung einer Resonatorenendfläche, eine Auskopplung der Strahlung nur in einer Richtung zu erzielen, werden zumindest die

Faltungselemente so zueinander angeordnet, daß ein Resonatorenspiegel und ein Resonatorauskoppler in einer Ebene liegen.

In einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform wird mindestens eines der Faltungselemente der Resonatoranordnung mit einer für die Strahlung teiltransparenten, plan-parallel Schicht versehen. Hierbei sollte diese teiltransparente, plan-parallele Schicht so aufgebaut werden, daß ein Teil der auftreffenden Strahlung in dieser Schicht wellenleiterartig geführt wird und so ein Strahlungstransport transversal zur bevorzugten Ausbreitungsrichtung der Strahlung erfolgt. Dies kann zur Homogenisierung des Strahlungsfeldes beitragen.

Bevorzugt wird der Verstärkungsbereich so ausgelegt, daß er nur einen Teil des durch die einfache oder mehrfache Faltung gebildeten Resonatorvolumens einnimmt.

Um die Ausbildung unerwünschter Strahlverteilungen zu vermeiden, werden in dem Resonatorvolumen liegende Bereiche, die nicht als Verstärkungszone ausgebildet sind, mit zusätzlicher Absorption versehen.

In einer besondere Ausgestaltung der Resonatoranordnung ist eine Verstärkungszone vorgesehen, die schichtartig ausgebildet ist, wobei die Faltung in einer Ebene senkrecht zu der Schicht vorgenommen ist. Eine solche Resonatoranordnung bringt Vorteile dahingehend mit sich, daß trotz der geringen Dicke des Verstärkungsbereichs die Strahlungsauskopplung über eine vergleichsweise deutlich größere Querschnittsfläche erfolgen kann.

Es sind Fälle denkbar, bei denen gefordert wird, daß die Ausdehnung der Verstärkungsbereiche unterhalb gegebener Grenzwerte bleibt, beispielsweise um eine verbesserte Wärmeabfuhr zu ermöglichen. Um dies zu erreichen, wird im Bereich einzelner Faltungselemente jeweils ein getrennter Verstärkungsbereich angeordnet.

Um eine zusätzliche Strahlformung, insbesondere hinsichtlich einer Beeinflussung des Divergenzwinkels, zu erzielen, können einzelne der reflektierenden Flächen mit einer zusätzliche Krümmung versehen werden.

Zum Aufbau eines Ringresonators werden mindestens drei geeignet positionierte und zu einander ausgerichtete Faltungselemente vorgesehen.

Weiterhin kann parallel zu den reflektierenden Flächen mindestens eines Teils der Faltungselemente ein Verstärkungsmedium angeordnet werden. Dies hat auch den Vorteil, daß die Strahlfilamentierung in den Verstärkungsbereichen verringert werden kann.

In Verbindung mit einer Resonatoranordnung, bei der mindestens eines der Faltungselemente mit einer für die Strahlung teiltransparenten, plan-parallelen Schicht versehen ist, kann diese plan-parallele Schicht durch eine weitere Grenzfläche zwischen Medien mit unterschiedlichen Brechungsindizes gebildet werden.

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von verschiedenen Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen. In den Zeichnungen:

- Figur 1 zeigt eine Resonatoranordnung in Form eines linearen Resonators mit zweifacher Faltung, wobei die Faltung durch die interne Totalreflexion eines entsprechenden Brechungsindexprofils erreicht wird,
- Figur 2A zeigt ein beispielhaftes Diagramm eines Reflexionsgrads in Abhängigkeit vom Einfallswinkel,
- Figur 2B zeigt den Einfallswinkel, wie er auf der x-Achse des Diagramms von Figur 2A aufgetragen ist,
- Figur 3A zeigt ein Diagramm zur Abhängigkeit des Reflexionsgrads für einen linearen Resonator mit zweifacher Faltung, wobei
- Figur 3B den Strahlengang für einen halben Resonatorumlauf mit zweimaliger Reflexion an einem der Faltungselemente angibt,
- Figur 4A zeigt den schematischen Aufbau eines dreifach gefalteten Resonators,
- Figur 4B zeigt die Abhängigkeit der Reflektivität vom Einfallswinkel für einen Umlauf in dem in Figur 4A dargestellten Resonator,
- Figur 5 zeigt schematisch einen Schnitt entlang der Schnittlinie V-V in Figur 1,

- Figur 6 zeigt schematische einen zweifach gefalteten Resonator, bei dem der Brechungsindex an dem jeweiligen Faltungselement drei Stufen aufweist, und so eine plan-parallele Schicht zu dem Faltungselement gebildet wird,
- Figur 7 zeigt schematisch einen Schnitt entlang der Schnittlinie VII-VII in Figur 6,
- Figur 8 zeigt schematisch einen sechsfach gefalteten Ringresonator, wobei die Auskopplung der Strahlung durch Leckstrahlung in einer äußeren Platte erfolgt,
- Figur 9 zeigt einen sechsfach gefalteten Resonator entsprechend der Figur 8, wobei allerdings die Auskopplung durch Leckstrahlung in einem Prisma erfolgt,
- Figur 10 zeigt schematisch einen achtfach gefalteten Ringresonator,
- Figur 11 zeigt schematisch einen sechsfach gefalteten Ringresonator, vergleichbar mit der Anordnung der Figur 9, allerdings mit paralleler Auskopplung über zwei Prismen,
- Figur 12 zeigt eine beispielhafte Darstellung der Geometrie des Verstärkungsbereichs (Gain-Zone) für einen zweifach gefalteten Resonator, wie er beispielsweise in Figur 6 dargestellt ist,
- Figur 13 zeigt einen weiteren, zweifach gefalteten Resonator, schematisch dargestellt, mit streifenförmigen Verstärkungsbereichen,
- Figur 14 zeigt ein Feld bzw. Array aus zweifach gefalteten Resonatoren,
- Figur 15 zeigt einen Resonator mit Faltung in der Ebene senkrecht zur Schichtebene, wobei der Resonator mehrere, axial angeordnete Verstärkungszonen aufweist, und

Figur 16 zeigt schematisch einen Resonator für eine schichtförmige Verstärkungszone mit einer Faltung in der Ebene senkrecht zu der Verstärkungsschicht.

Der Grundgedanke des Resonatoraufbaus, wie er in den nachfolgend beschriebenen Figuren gezeigt ist, liegt darin, daß der Resonator mittels mindestens zwei optischer Elemente bzw. reflektierender Flächen gefaltet wird, wobei die Faltungselemente so ausgelegt sind, daß deren Reflektivität eine definierte und starke Winkelabhängigkeit aufweist.

In Figur 1 ist ein Resonator mit einer Resonatorlänge L, festgelegt durch die Beabstandung der beiden Resonatorenspiegel 1; 2, dargestellt. Dieser Resonator ist durch zwei Faltungselemente 3 gefaltet. Durch die Positionierung dieser beiden Faltungselemente 3 innerhalb des Resonators ergibt sich ein linearer, zweifach gefalteter Resonator mit einer „Z-Geometrie“. Das Strahlungsfeld in dem Resonator der Figur 1 besteht aus Anteilen, die sich parallel zur optischen Achse ausbreiten, und Anteilen, die sich infolge der totalen Reflexion an den Faltungselementen 3 bzw. den entsprechenden reflektierenden Flächen unter dem doppelten Reflexionswinkel zur Resonatorachse ausbreiten. Damit nur die parallel zur optischen Achse verlaufenden Strahlen auf den Auskoppler bzw. den Resonatorenspiegel 2, der teilweise antireflektierend beschichtet ist, treffen, sind die total reflektierenden Grenzflächen über nur einen entsprechend bestimmten Teil der Resonatorlänge ausgebildet, wie dies auch in Figur 1 zu sehen ist.

Betrachtet man die graphische Darstellung der Figur 2A, so zeigt sich, daß für Einfallswinkel nahe dem Grenzwinkel für Totalreflexion die Grenzfläche eine stark winkelabhängige Reflektivität aufweist. Hierbei stellt  $\theta$  den Reflexionswinkel dar,  $\theta_T$  bezeichnet den Grenzwinkel für Totalreflexion, der, entsprechend der Graphik der Figur 2A, für eine angenommene reflektierende Schicht 82 Grad beträgt, und wobei  $\epsilon$  die Differenz zwischen  $\theta$  und  $\theta_T$  bezeichnet. Der Winkel  $\theta_T + \epsilon$  ist in Figur 2B nochmals veranschaulicht.

Anhand der Figur 2 A ist ersichtlich, daß dann, wenn die Faltung eines Resonators, wie er auch in Figur 1 dargestellt ist, so ausgelegt wird, daß die Resonatorachse und die Flächennormale auf die Faltungsfläche unter einem Winkel zueinander stehen, der geringfügig größer als der Grenzwinkel für die Totalreflexion ist, durch die Totalreflexion der Divergenzwinkel der Laserstrahlung einseitig um die Resonatorachse eingeschränkt wird. Bei

einem linearen Resonator wird der Strahl an dem Resonatorspiegel 1 (siehe Figur 1) reflektiert und dadurch der Divergenzwinkel des Strahls hinsichtlich der Resonatorachse gespiegelt. Für den zurücklaufenden Strahl wird daher durch die Totalreflexion der Reflexionswinkel zur anderen Seite hin eingeschränkt. Somit kann durch die zweimalige Totalreflexion der zulässige Divergenzwinkel um die Resonatorachse selektiert werden.

Es sollte angemerkt werden, daß in den Zeichnungen an den jeweiligen Spiegeln, so auch an den Resonatorspiegeln 1 und 2, die Angabe „HR“ jeweils „hoch reflektierend“ bedeutet, während die Angabe „AR“ jeweils „antireflektierend“ aussagt.

Anhand der Figuren 3A und 3B ist zu erkennen, daß die Reflexion für Laserstrahlen parallel zur Resonatorachse maximal wird, während die Strahlung, deren Richtung von der Resonatorachse abweicht, größere Transmissionsverluste aufweist.

Das Strahlungsfeld in dem Resonator 1 besteht aus Anteilen, die sich parallel zur optischen Achse ausbreiten, und Anteilen, die sich infolge der Totalreflexion an den Faltungsfächern unter dem doppelten Reflexionswinkel zur Resonatorachse ausbreiten.

Es ist möglich, mit einer dreifachen Faltung Resonatoren aufzubauen, deren Endflächen in einer Ebene liegen. Figur 4A zeigt einen Resonator der Länge L mit zwei Resonatorendspiegeln 1, 2, wobei der eine Resonatorendspiegel 1 als Faltungselement mit einbezogen ist, wobei der Einfalls- bzw. Austrittswinkel mit  $\beta$  bezeichnet ist. Die beiden weiteren Spiegelemente 3 sind so zu der Resonatorendfläche 1 orientiert, daß sich ein Reflexionswinkel  $\theta$  ergibt. Die Auskopplung der Strahlung mit einer Strahlbreite b erfolgt an dem zweiten Resonatorspiegel 2, der eine antireflektierende Beschichtung aufweist.

Der Gesamtreflexionsgrad der Anordnung der Figur 4A ergibt sich aus Figur 4B. Anhand der Figur 4B ist ersichtlich, daß auch bei dieser Anordnung nur in einem stark eingeschränkten Winkelbereich ein hoher Gesamtreflexionsgrad und somit geringe Umlaufverluste vorliegen.

In Figur 5, die einen Schnitt entlang der Schnittlinie V-V der Figur 1 darstellt, ist eine gegenüber der Figur 1 dahingehend veränderte Anordnung gezeigt, daß Halbleitermaterialien eingesetzt sind. Die in Figur 5 gezeigte Ausführungsform ist exemplarisch für einen monolithischen Laser, zum Beispiel einen Diodenlaser. Entsprechend Figur 1 besteht der

Resonator aus einem hoch reflektierenden Spiegel und einem teildurchlässigen Auskoppler. Das Halbleitermaterial weist einen Brechungsindex  $n_1$  auf. Die Faltungsflächen werden allerdings durch die Grenzflächen zu einem Halbleitermaterial mit Brechungsindex  $n_2 < n_1$  realisiert, wie anhand der Figur 5 zu erkennen ist.

Üblicherweise besitzen die beim Bau von Diodenlasern verwendeten Halbleitermaterialien Brechungsindizes, die deutlich größer als 1 sind (ungefähr  $\approx 3,2$  bis  $3,7$ ). Der Grenzwinkel für die Totalreflexion an der Außenfläche des Halbleiterkristalls ist daher klein. Unter Einbeziehung einer Kristallaußenfläche kann daher auch ein dreifach gefalteter Diodenlaserresonator realisiert werden, in der Weise, daß beide Endspiegel des Resonators auf einer vorderen Kristallfläche liegen, wie dies in Figur 4A angedeutet ist, wenn dort die jeweils angegebenen Brechungsindizes  $n_1$ ,  $n_2$  und  $n_0$  berücksichtigt werden mit der Maßgabe  $n_1 > 1$ ,  $n_2 < n_1$  und  $n_0 = 1$ , wobei  $n_0$  der Brechungsindex der umgebenden Atmosphäre ist.

Ein Problem bei hoch verstärkenden Lasern, insbesondere Diodenlasern, besteht in der Bildung von Filamenten infolge der Ladungsträgerdichte-Abhängigkeit von Brechungsindex und Verstärkung. Dies führt zur Inhomogenität des Brechungsindex und der Verstärkung und reduziert dadurch die erreichbare Strahlqualität. Eine reduzierte Filamentierung kann erreicht werden, indem durch geeignete Mechanismen die Laserstrahlung quer zur Resonatorachse ausgetauscht wird. Dies kann z.B. dadurch gelöst werden, daß die Faltungselemente mit einer zusätzlichen, plan-parallel Schicht versehen werden, die für die auftreffende Strahlung transparent ist, und einen Teil der Strahlung, wie in einem Wellenleiter entlang den Faltungselementen, und damit quer zur Resonatorachse, transportiert.

In Figur 6 ist nun eine Anordnung gezeigt, bei der, im Vergleich zur Anordnung in Figur 1, die Faltungselemente mit einer zusätzlichen, plan-parallel Schicht versehen sind.

Anhand der Figur 7, die einen Schnitt entlang der Schnittlinie VII-VII in Figur 6 zeigt, ist zu erkennen, daß die plan-parallel Schicht, beispielsweise im Fall eines Halbleiterlasers, durch eine zusätzliche Stufe im Brechungsindexprofil realisiert werden kann.

Um ein räumliches Hole-Burning (Loch-Brennen) zu vermeiden, kann ein Ringresonator mit laufender Welle aufgebaut werden, unter Verwendung jeweiliger Faltungselemente zur Einschränkung des Divergenzwinkels der Strahlung. Zwei beispielhafte Anordnungen sind

in den Figuren 8 und 9 dargestellt. Die Grenzflächen des Lasermediums sind hierbei so beschaffen, daß alle Kantenflächen für die Laserstrahlung total reflektierend sind. Die Auskopplung der Laserstrahlung erfolgt über eine plan-parallele Platte 4 (Figur 8) oder ein Prisma 5 (Figur 9 ), die jeweils so zu dem Lasermedium positioniert sind, daß die Laserstrahlung durch Leckstrahlung ausgekoppelt werden kann. Weiterhin kann durch Anlegen von magnetischen Feldern die Strahlausbreitung des Lasermediums in einer umlaufenden Richtung erreicht werden. Für die Telekommunikation bzw. für Einsatzgebiete, bei denen eine hohe Integrationsrate gewünscht ist, sind Mikrolaser mit geringer Schwelle für den Laserbetrieb von großem Interesse. Entsprechend sind Mikrolaser mit kreisförmigem bzw. elliptischem Resonator von Interesse. Der Mikrolaser mit elliptischem Resonator ist im Vergleich zu Mikrolasern mit kreisförmigen Resonator zwar die Schwelle weitgehendst reduziert und eine höhere Ausgangsleistung erreicht, jedoch sind die Abstrahleigenschaften dieser Mikrolaser für viele Anwendungen nicht ausreichend. Um dieses Problem zu umgehen, werden daher für solche Fälle bevorzugt polygonförmige Resonatoren verwendet, wie er beispielsweise in Figur 10 schematisch dargestellt ist. Hierbei handelt es sich um einen Ringresonator, bei dem durch die interne Totalreflexion die Winkelselection der Laserstrahlung gesteigert wird. Bei dem Beispiel des Ringsresonators, wie er in Figur 11 dargestellt ist, erfolgt die Auskopplung der Laserstrahlung durch zwei Prismen (mit Brechungsindex  $n_3$ ), die hinsichtlich des Brechungsindex und der Dimensionierung so ausgelegt und so angeordnet werden, daß die Auskopplung durch Leckstrahlung erfolgt und darüberhinaus die Strahlung der beiden Umlaufrichtungen über die beiden Prismen 5 parallel zueinander erfolgt.

In den beschriebenen gefalteten Resonatoren kann die Richtungsselection zusätzlich durch eine geeignete Geometrie der angeregten Zone (Verstärkungsbereich) unterstützt werden. Eine Möglichkeit hierzu besteht darin, den Verstärkungsbereich dem durch die Reflexion an den Faltungselementen 3 gewinkelten Strahlverlauf anzupassen, indem nur das Volumen als Verstärkungsbereich ausgebildet wird, welches von Strahlen durchsetzt wird, die senkrecht auf den Auskoppelspiegel treffen. Hierbei können die der Faltung folgenden Strahlen eine maximale Verstärkung aufweisen, während alle übrigen Strahlen in den nicht angeregten Bereichen abgeschwächt werden. Durch eine solche Maßnahme wird außerdem der Wirkungsgrad der Resonatoranordnung bzw. des Lasers verbessert,

da Anregungs- und Modenvolumen näherungsweise gleich sind. Bei Diodenlasern kann die Geometrie des Verstärkungsbereichs beispielsweise durch die Form der elektrischen Kontakte bestimmt werden.

In Figur 13 ist eine Resonatoranordnung gezeigt, bei der die Verstärkung auf schmale Streifen vor den Faltungselementen 3, konzentriert wird. Hierzu wird entsprechend dem Aufbau der Figur 6 eine plan-parallele Schicht, den Faltungselementen zugeordnet, vorgesehen, die allerdings in der Ausführungsform der Figur 13 als Verstärkungszone ausgebildet ist. Gerade in Verbindung mit Diodenlasern, die nach diesem Prinzip aufgebaut werden, kann der Einfluß der Filamentierung reduziert werden. Weiterhin erfolgt die Strahlungsauskopplung in diesem Fall über eine Fläche, die groß im Vergleich zum Querschnitt der Verstärkungsbereiche ist, wodurch die Intensitätsbelastung der Austrittsfläche reduziert werden kann.

Figur 14 zeigt eine Anordnung, bei der zur Erhöhung der Ausgangsleistung mehrere Faltungsanordnungen, wie sie beispielsweise in Figur 1 oder 13 dargestellt sind, zu einem Feld bzw. Array zusammengesetzt werden können. Falls die Verstärkung nur in schmalen Streifen erfolgt, wie dies beispielsweise in der Anordnung der Figur 13 gezeigt ist, so kann infolge der verminderten, thermischen Belastung, mit der Anordnung nach Figur 14 ein Füllfaktor des Arrays von nahezu 1 erreicht werden.

Für den Fall, daß die Verstärkungszone wie eine dünne Schicht ausgebildet ist, wie z.B. bei einem Halbleiterlaser, kann die Faltung auch in der Ebene senkrecht zu der Verstärkungsschicht realisiert werden. Bei Diodenlasern können die Verstärkungsschichten wie bei Kantenemittern oder Oberflächen- bzw. Surface-Emittern realisiert werden. Eine Ausführungsform eines derartigen Lasers ist in Figur 16 gezeigt. In der Anordnung der Figur 16 erfolgt die Verstärkung in einer durchgehenden Verstärkungsschicht, während die winkelselektive Faltung an der Grenzfläche zu den Medien mit Brechungsindizes  $n_0 < n_1$  und  $n_2 < n_1$  erfolgt.

Im Vergleich zu normalen Kantenemittern, wo der austretende Strahl eine Strahlhöhe von 1 µm hat (in Bezug auf die Diodenlaser), kann durch Vergrößerung der Höhe des so gebildeten Resonators eine Austrittsstrahlhöhe von einigen µm bis zu einigen 100 µm erreicht

werden. Dadurch wird die Intensitätsbelastung der Austrittsfläche weitgehend reduziert und somit die durch deren Zerstörschwelle gegebene Leistungsgrenze erhöht.

Falls höhere Verstärkungsfaktoren erforderlich sind, können, wie in Figur 15 gezeigt ist, mehrere Verstärkungszonen axial hintereinander angeordnet werden. Die Verstärkungszonen können sich an der Unter- und/oder Oberseite des strahlungsführenden Bereichs befinden.

Zur Erhöhung der Ausgangsleistung können die vorstehend erläuterten Resonatoren mit entsprechenden Verstärkungszonen in Form eines Arrays angeordnet werden, wie dies auch in Figur 14 anhand eines Arrays, das aus einzelnen, linearen, optischen Resonatoren mit einer zweifachen Faltung besteht, erläutert ist.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Resonatoranordnung mit mindestens zwei Faltungselementen zur Faltung des Strahlengangs, wobei die Faltungselemente zur Einschränkung des Divergenzwinkels der Strahlung dienen, dadurch gekennzeichnet, daß  
die jeweilige Faltung durch Reflexion an einer reflektierenden Fläche des jeweiligen Faltungselements hervorgerufen wird,  
wobei die Strahlachse der Strahlung und die Flächennormale der jeweiligen reflektierenden Fläche unter einem Winkel zueinanderstehen, der größer als der Grenzwinkel für Totalreflexion ist, allerdings kleiner als die Summe aus Grenzwinkel für Totalreflexion und Divergenzwinkel der Strahlung ist.
2. Resonatoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweilige reflektierende Fläche durch die Grenzfläche zwischen Materialien mit unterschiedlichen Brechungsindizes gebildet ist.
3. Resonatoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Resonatoranordnung zumindest teilweise eine Wellenführung durch eine Wellenleiterstruktur erfolgt und daß die jeweilige reflektierende Fläche durch eine Änderung des Profils der Wellenleiterstruktur gebildet ist.
4. Resonatoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens die Faltungselemente so zueinander angeordnet sind, daß ein Resonatorenspiegel und ein Resonatorauskoppler in einer Ebene liegen. (Fig. 9).
5. Resonatoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der Faltungselemente mit einer für die Strahlung teiltransparenten, planparallelen Schicht versehen ist.

6. Resonatoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verstärkungsbereich nur einen Teil des durch die einfache oder mehrfache Faltung gebildeten Resonatorvolumens einnimmt.
7. Resonatoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Resonatorvolumen liegende Bereiche, die nicht als Verstärkungszone ausgebildet sind, mit zusätzlicher Absorption versehen werden.
8. Resonatoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Verstärkungszone vorgesehen ist, die schichtartig ausgebildet ist, und daß die Faltung in einer Ebene senkrecht zu der Schicht vorgenommen ist. (Fig. 18, 19)
9. Resonatoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich einzelner Faltungselemente jeweils ein getrennter Verstärkungsbereich angeordnet ist. (Fig. 19)
10. Resonatoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der reflektierenden Flächen gekrümmmt ist.
11. Resonatoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens drei Faltungselemente vorgesehen sind, die so angeordnet sind, daß ein Ringresonator gebildet wird.
12. Resonatoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu den reflektierenden Flächen mindestens eines Teils der Faltungselemente ein Verstärkungsmedium angeordnet ist.
13. Resonatoranordnung nach Anspruch 1 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die planparallele Schicht durch eine weitere Grenzfläche zwischen Medien mit unterschiedlichen Brechungsindizes gebildet ist.

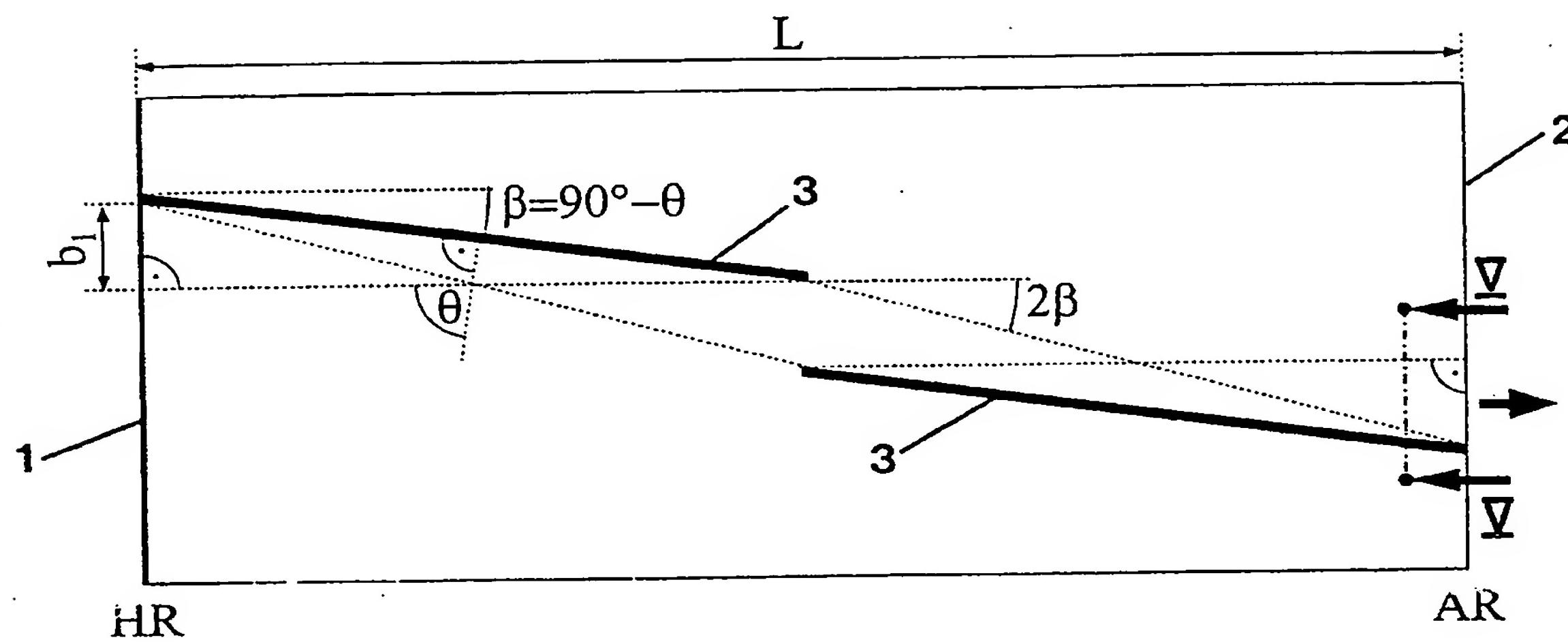


Fig. 1

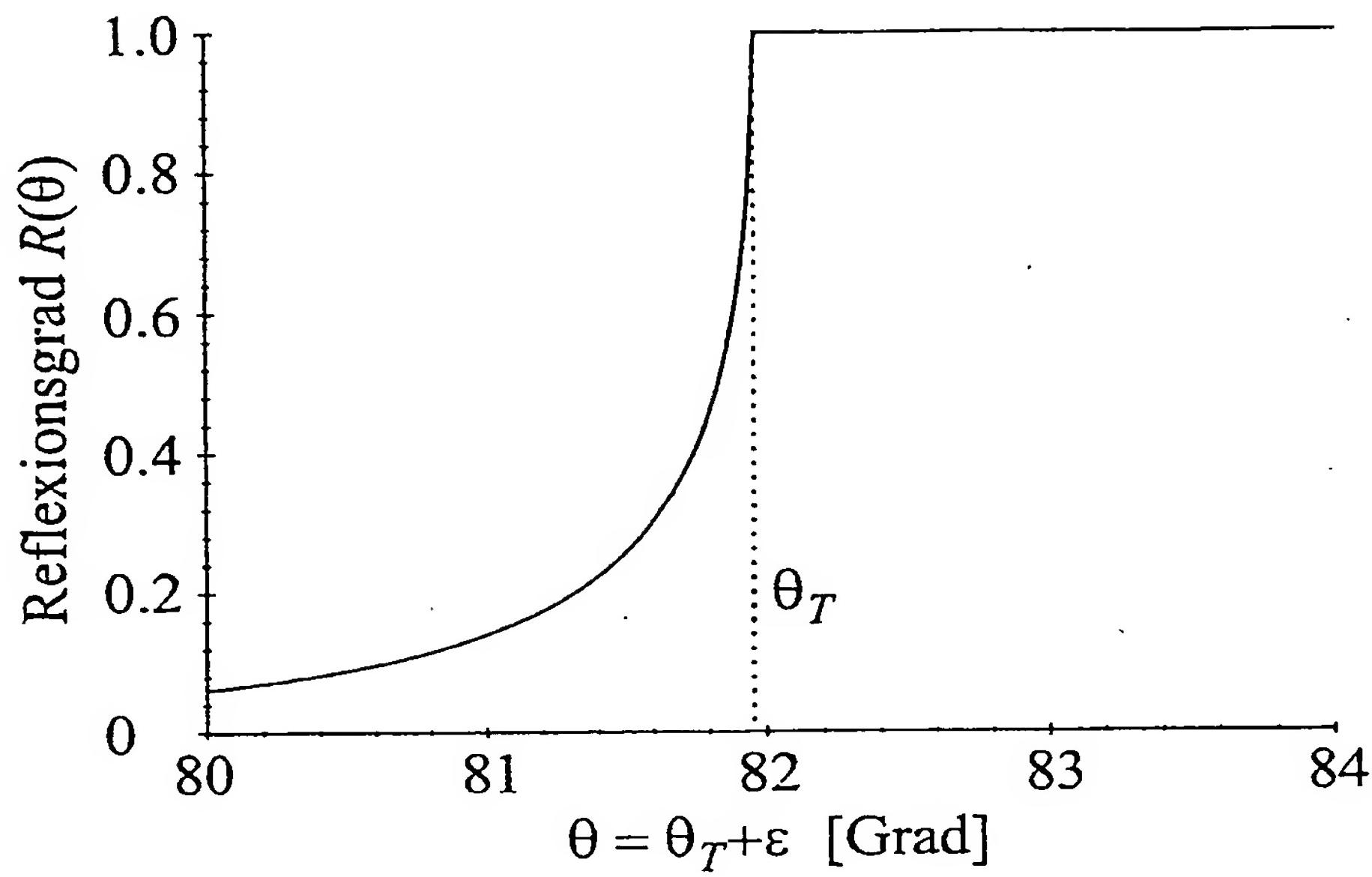


Fig. 2A

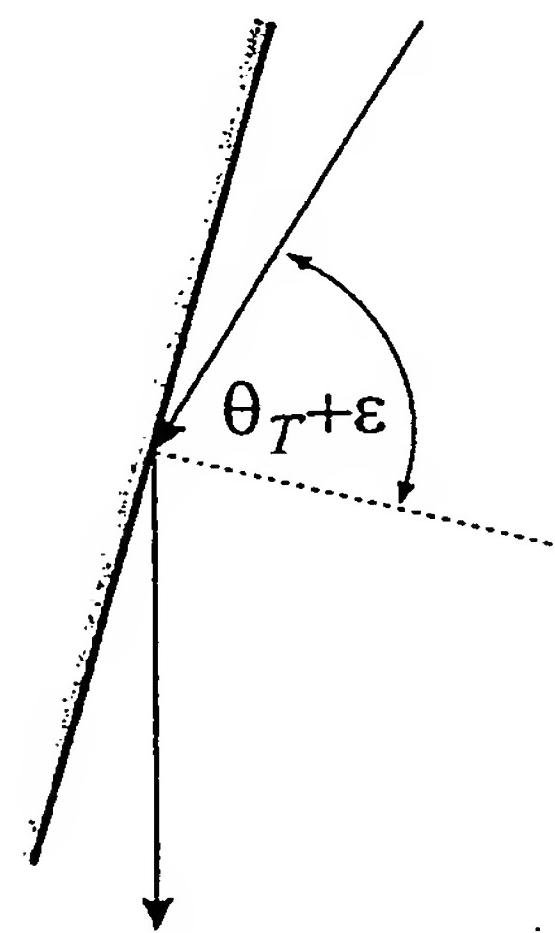


Fig. 2B

3/10

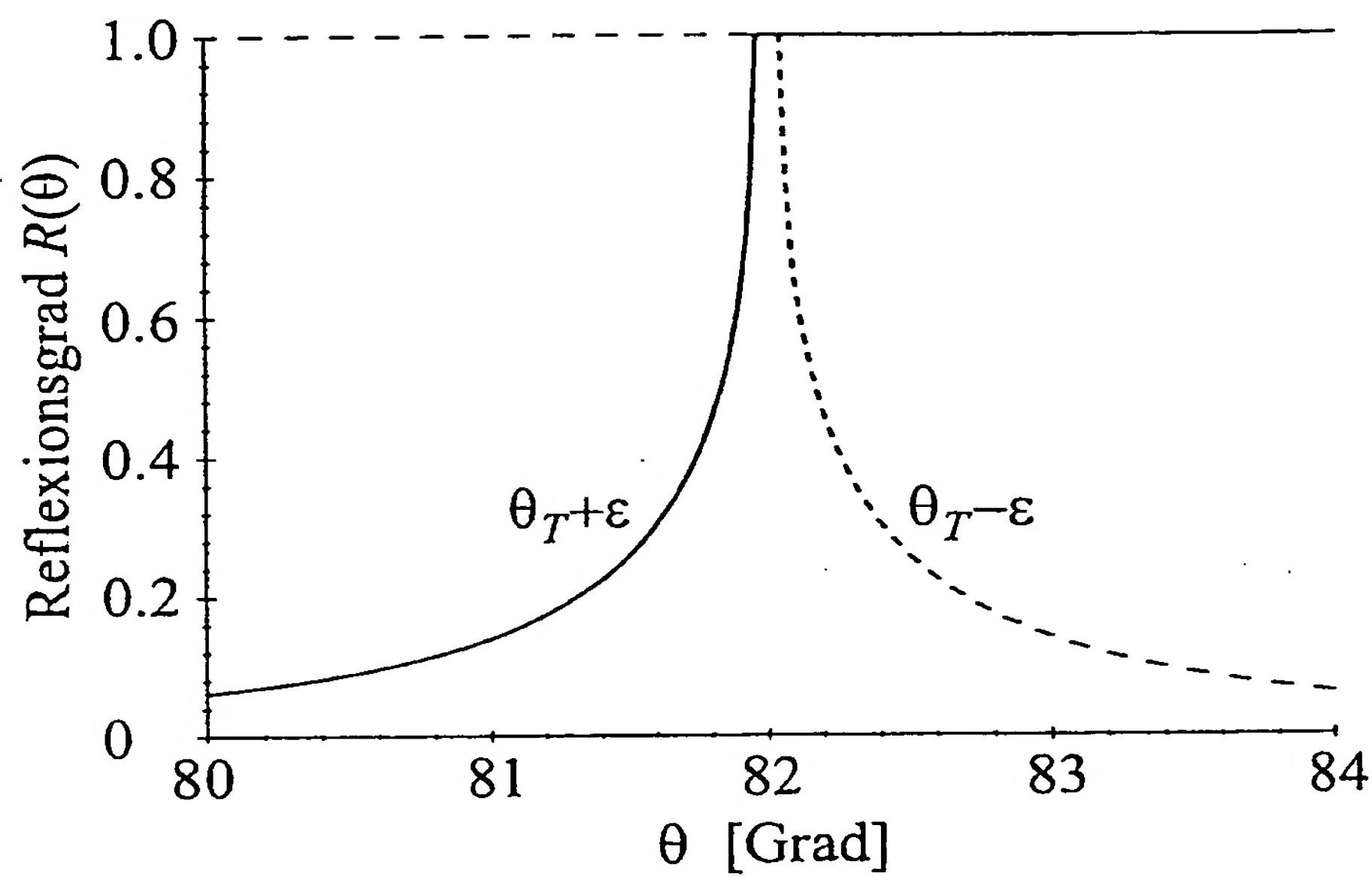


Fig. 3A

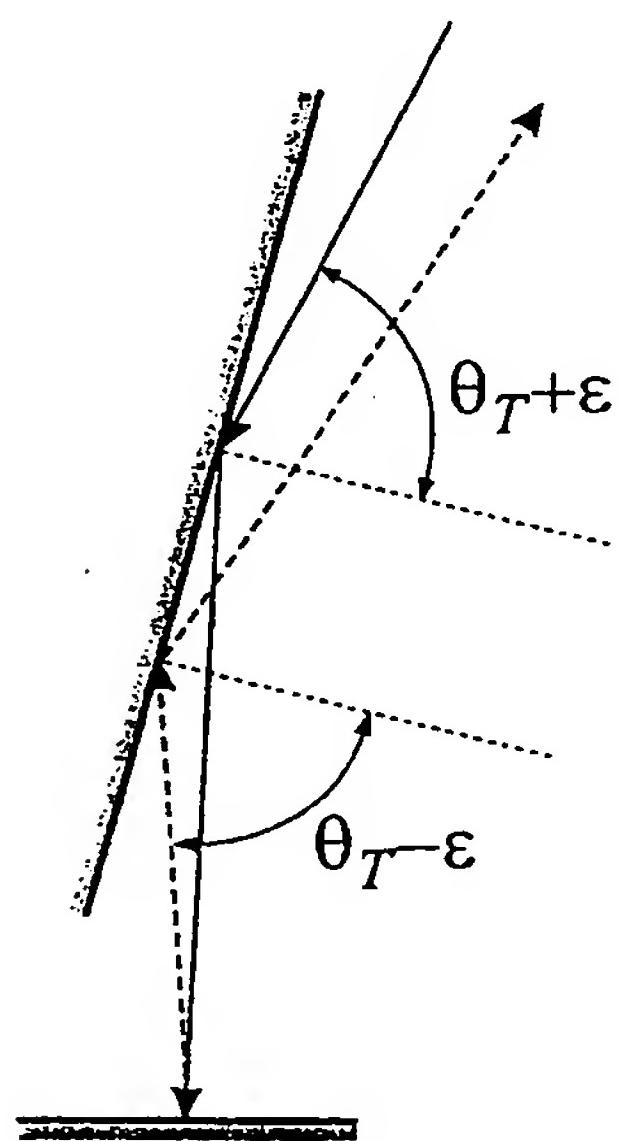


Fig. 3B

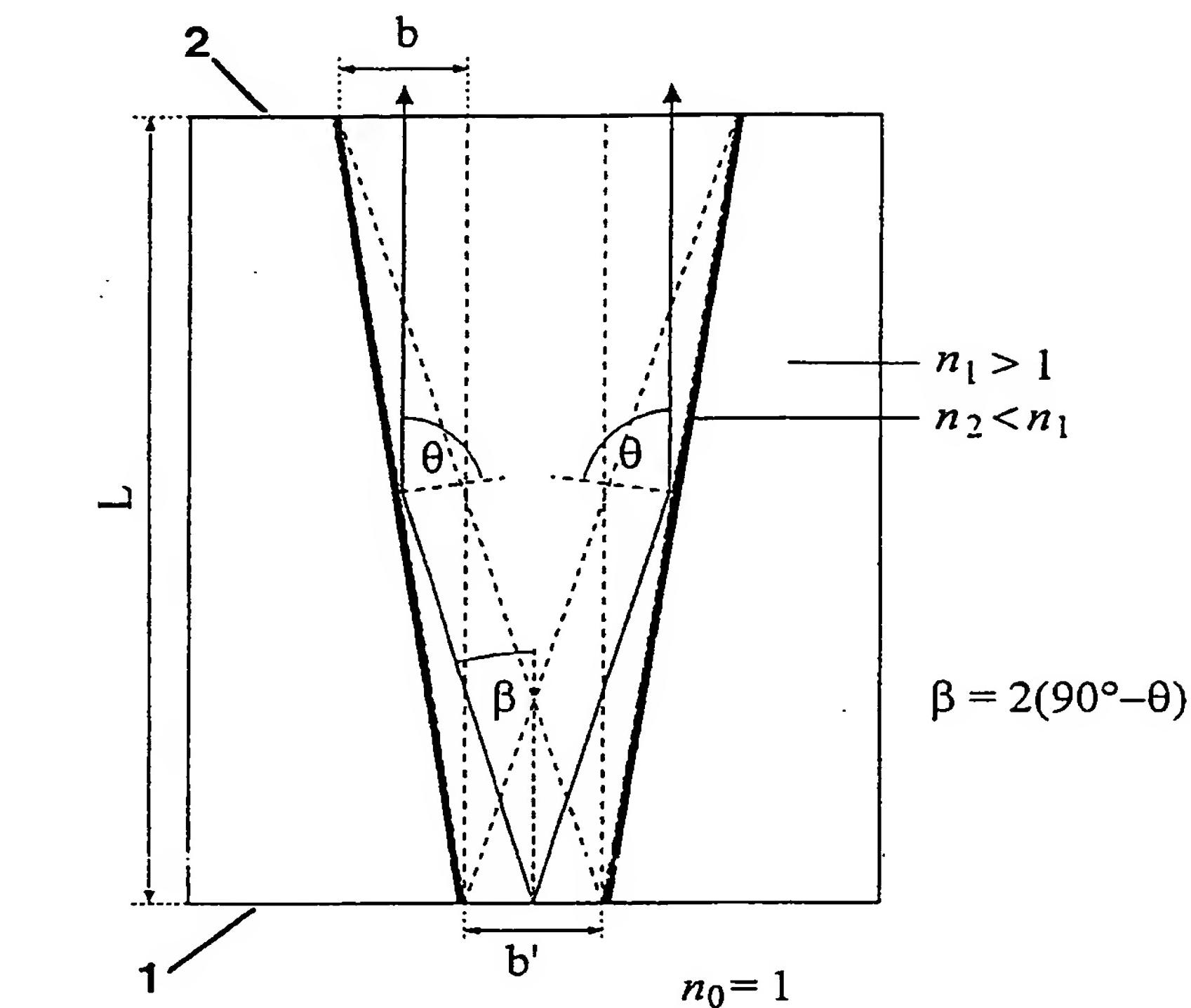


Fig. 4A

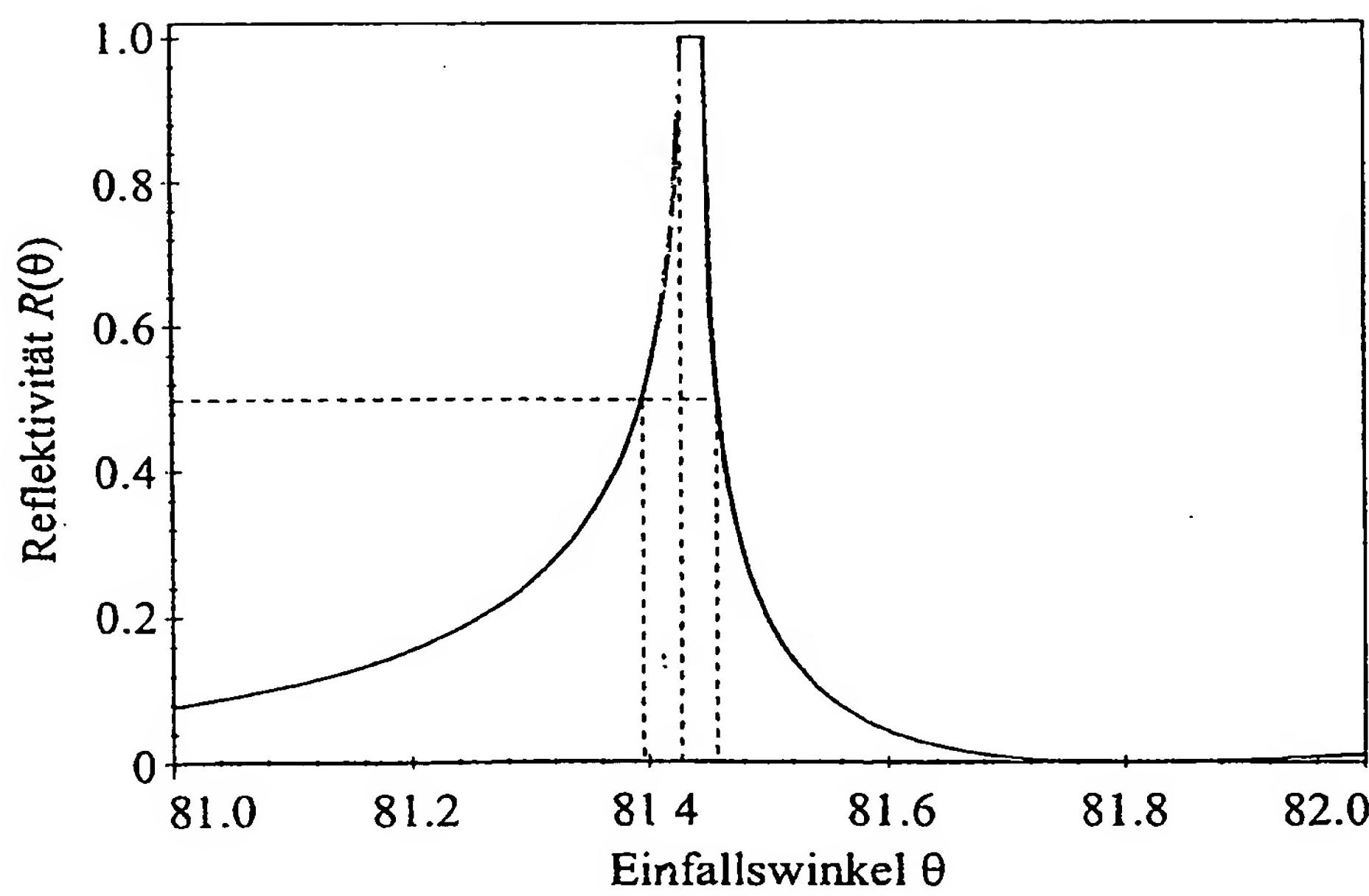


Fig. 4B

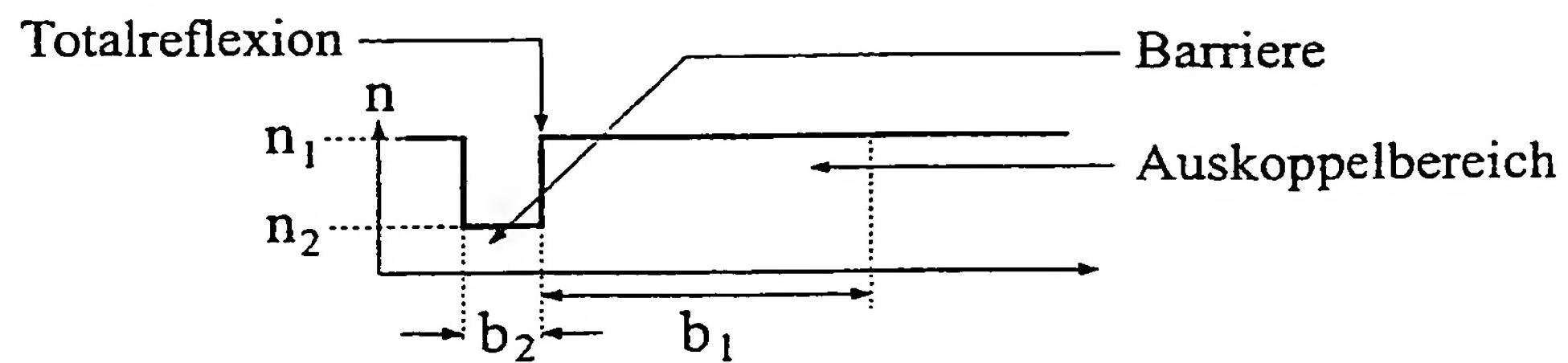


Fig. 5

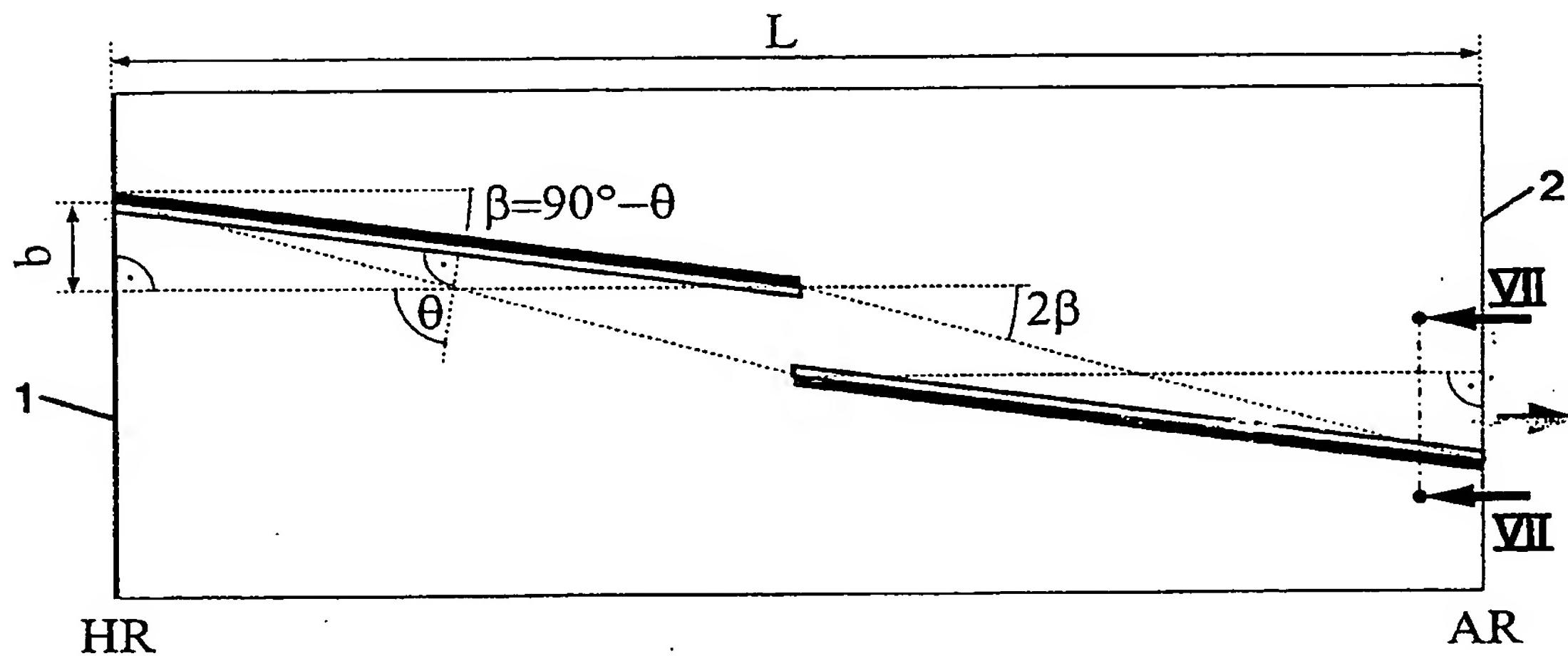


Fig. 6

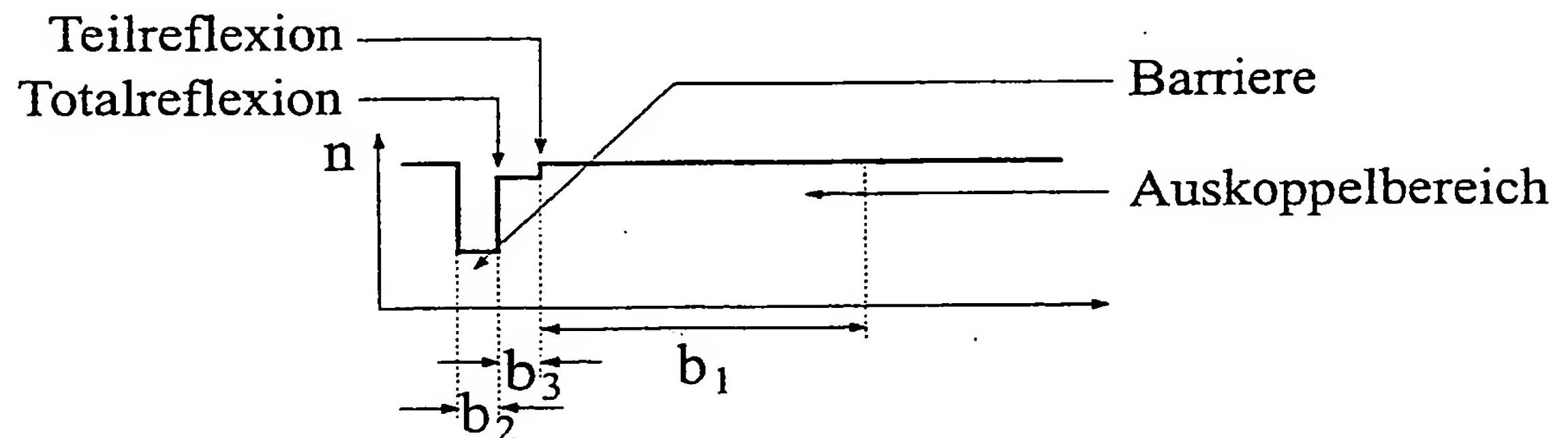


Fig. 7

6/10

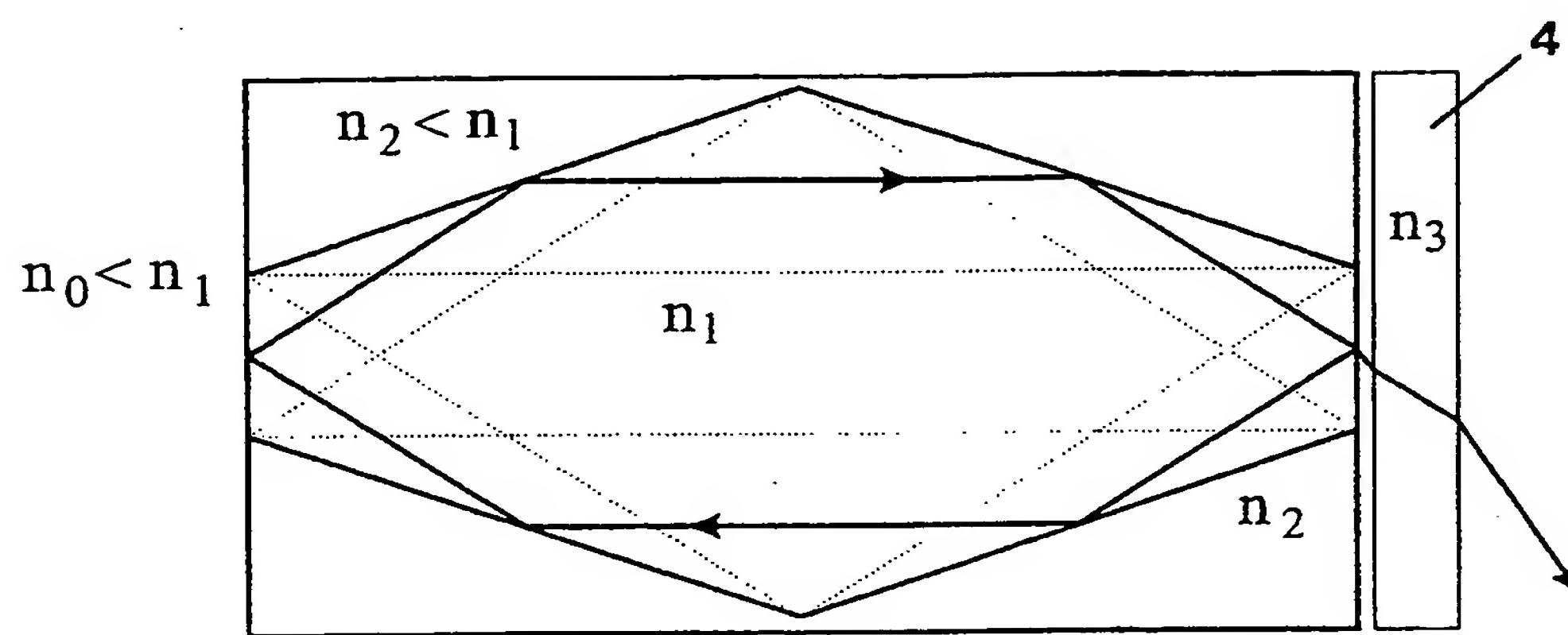


Fig. 8

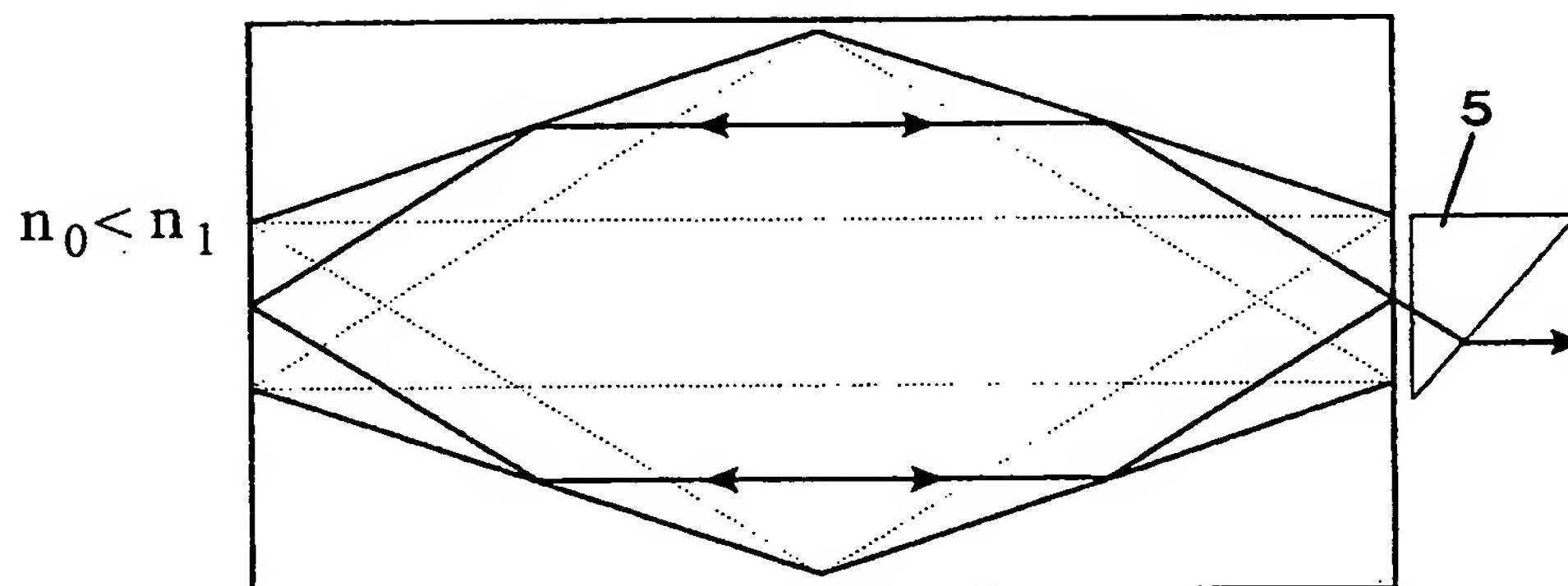


Fig. 9

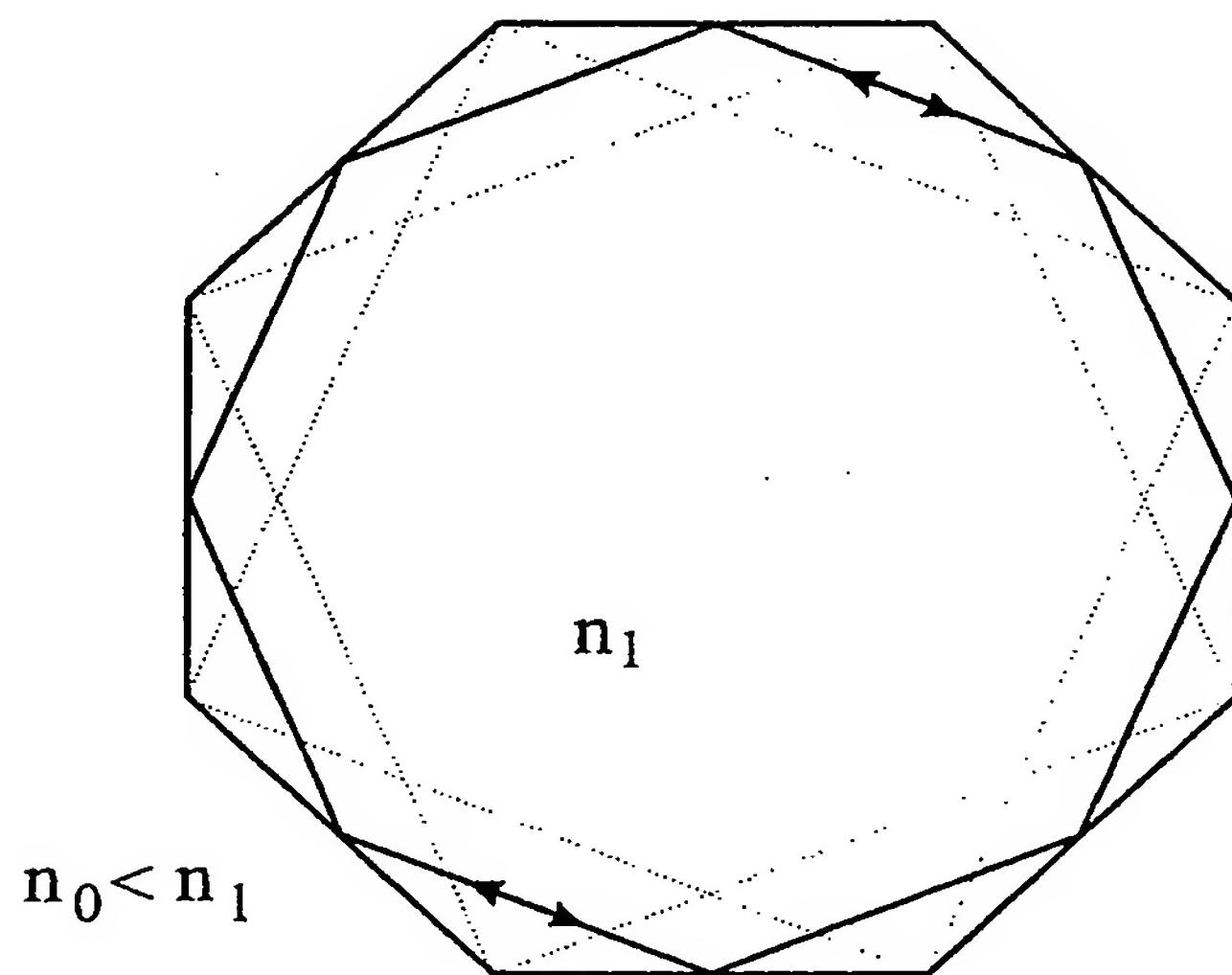


Fig. 10

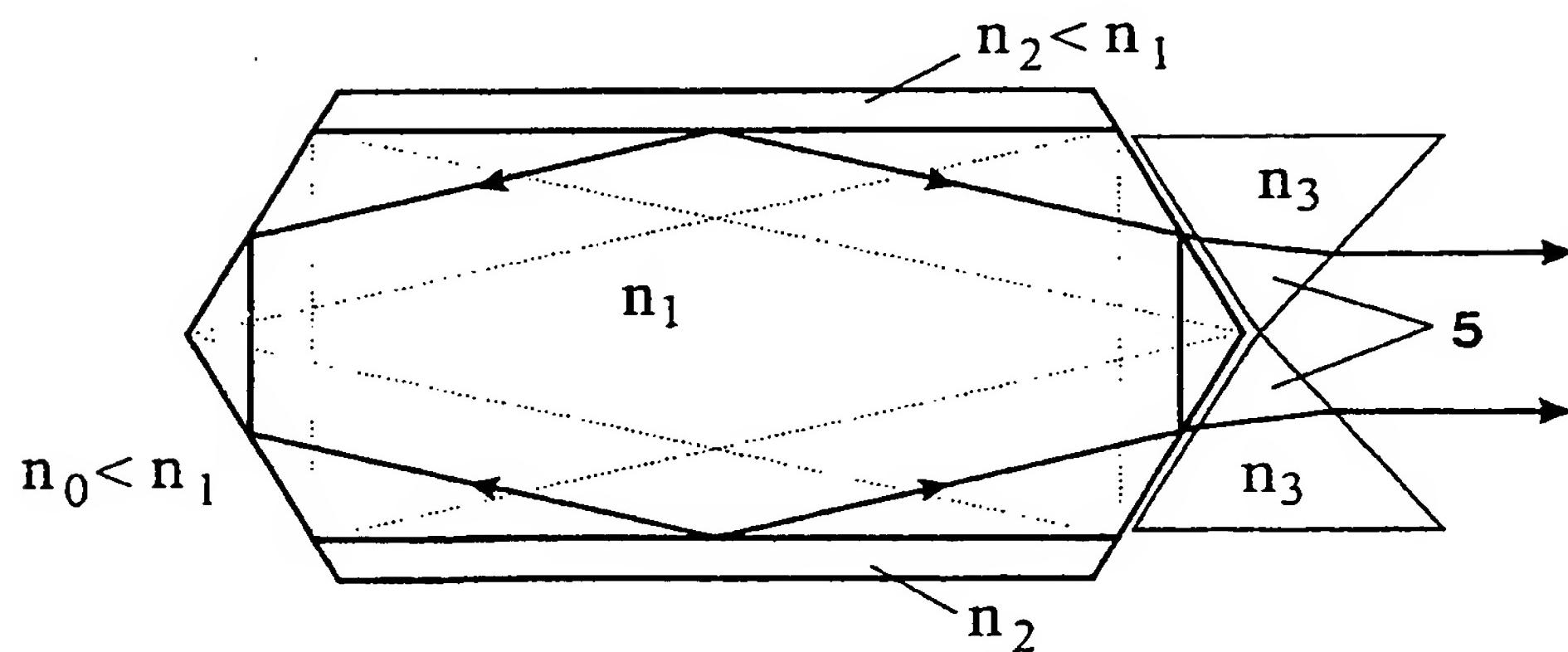


Fig. 11

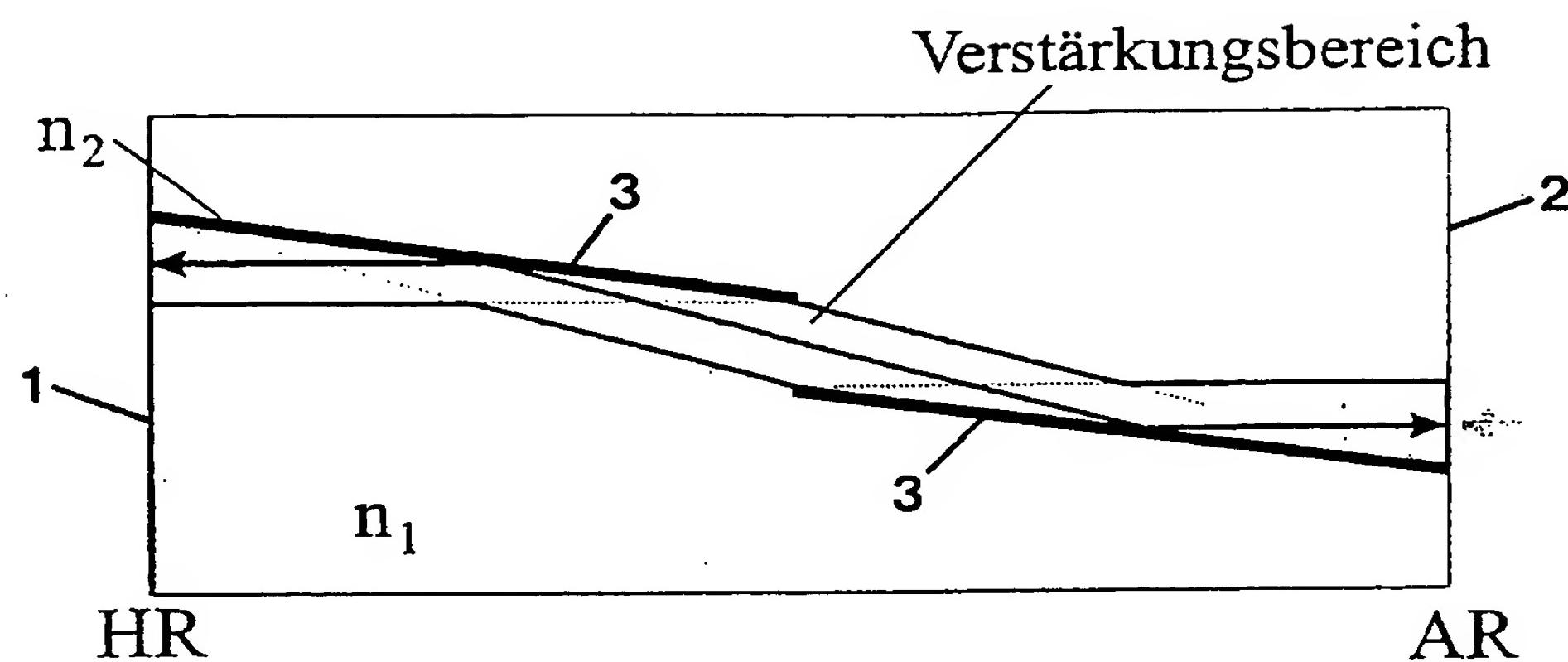


Fig. 12

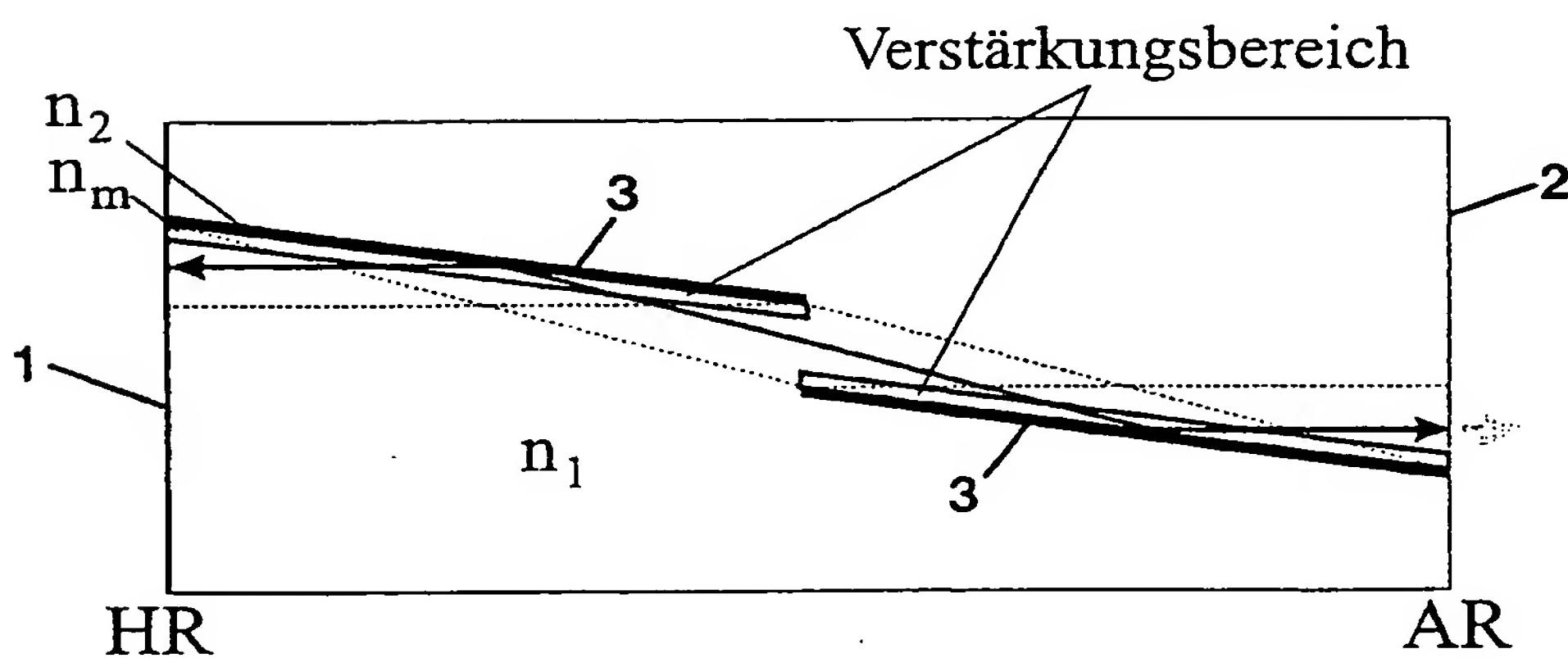


Fig. 13

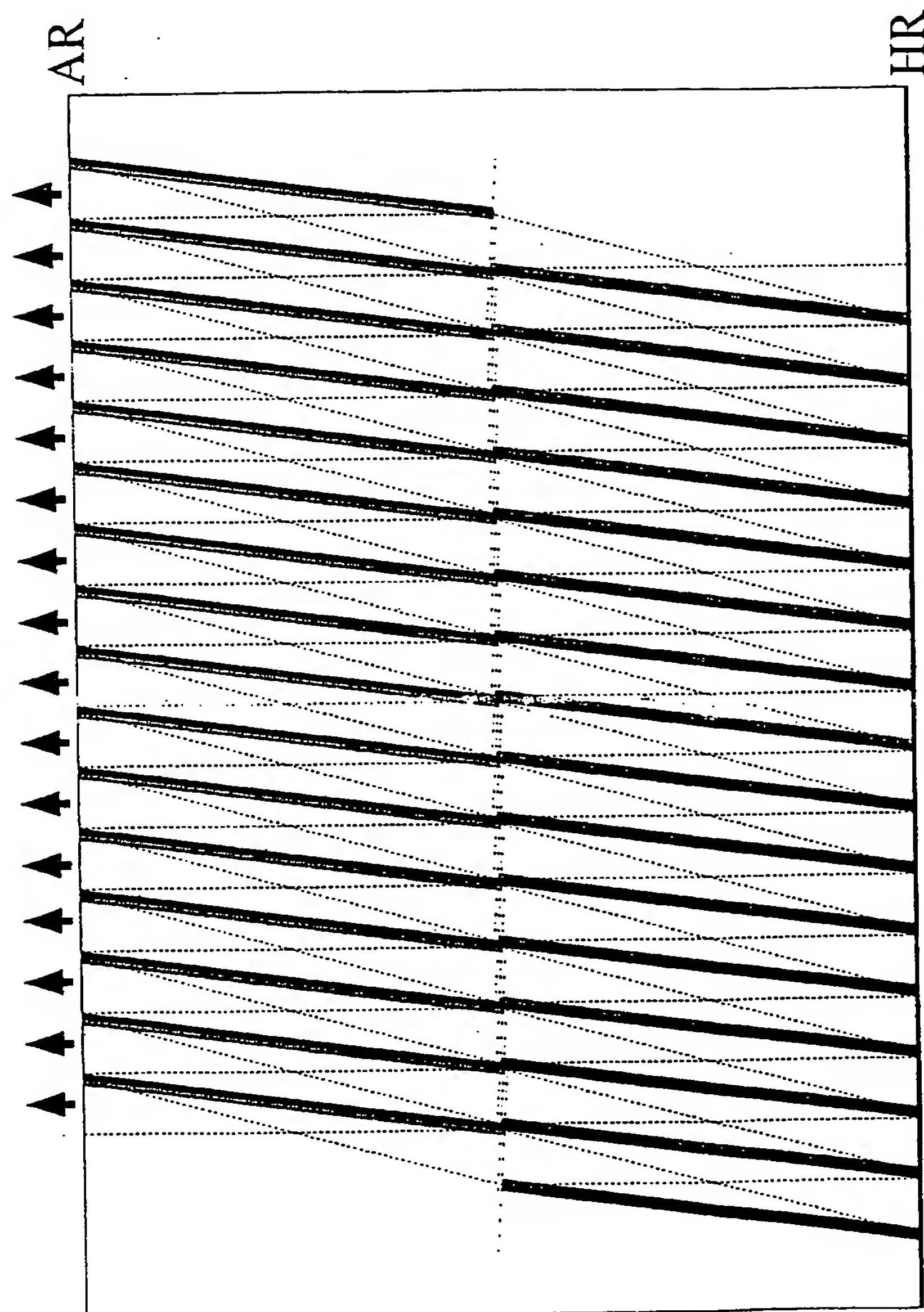


Fig. 14

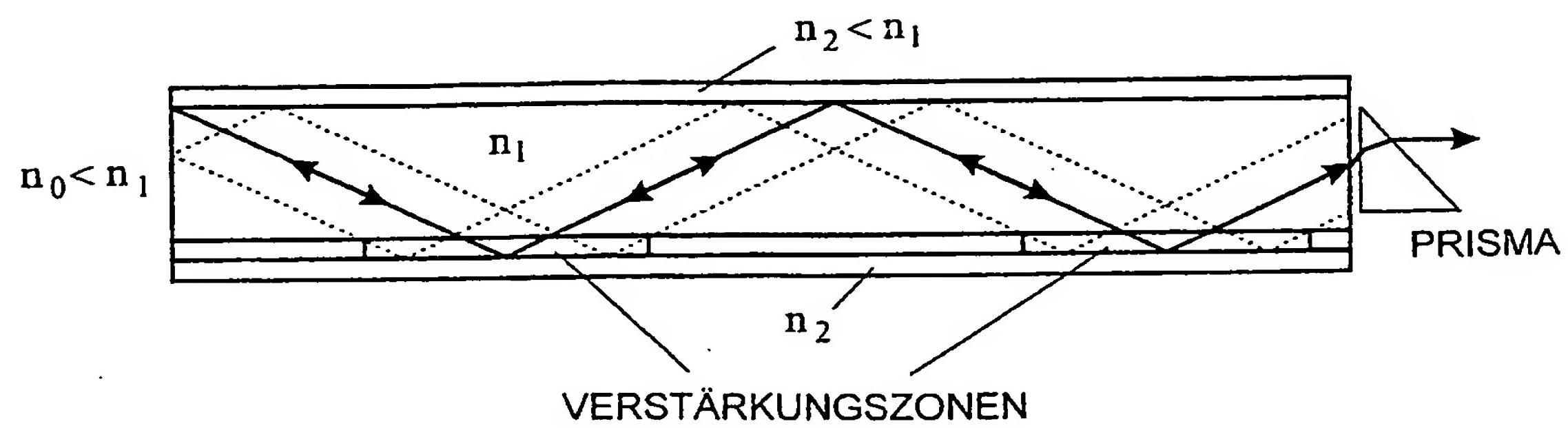


Fig. 15

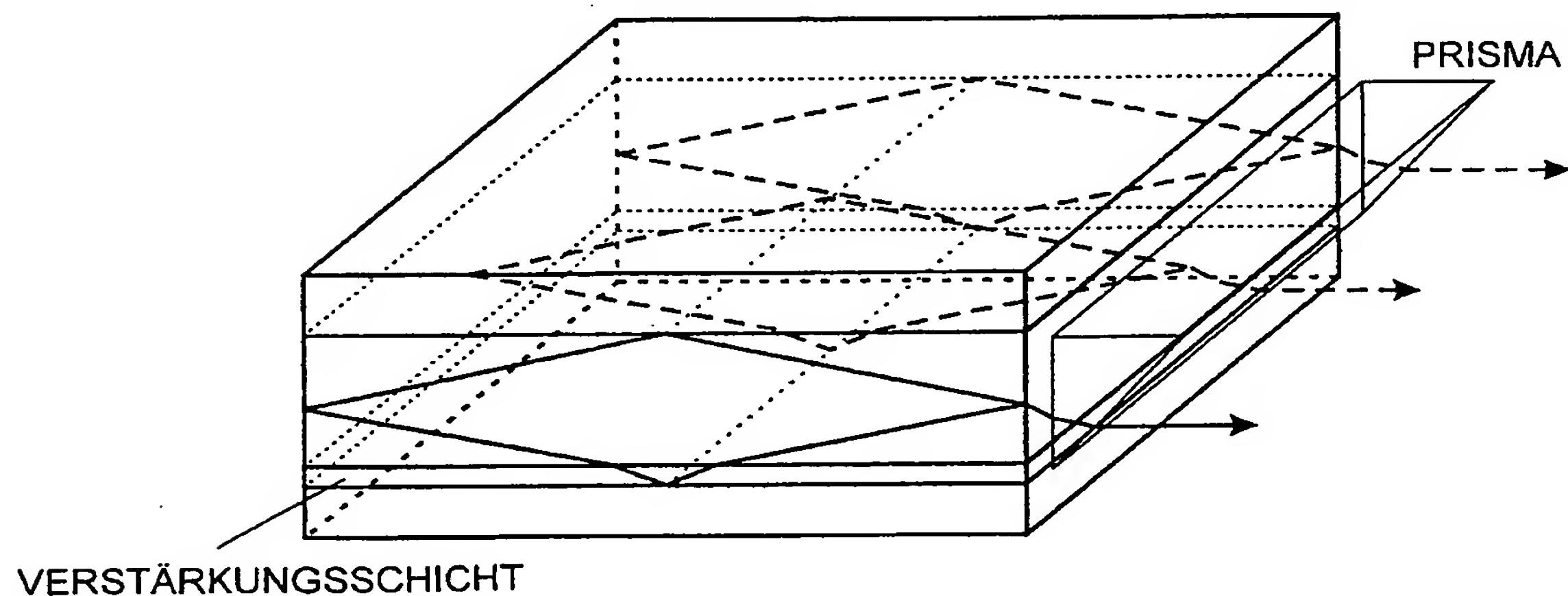


Fig. 16

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No

PCT/EP 00/01041

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01S5/10 H01S3/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 137 (E-072), 29 August 1981 (1981-08-29) & JP 56 073485 A (FUJITSU LTD), 18 June 1981 (1981-06-18) abstract	1
A	US 3 883 888 A (KRESSEL HENRY ET AL) 13 May 1975 (1975-05-13) the whole document	2-13
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 570 (E-1448), 15 October 1993 (1993-10-15) & JP 05 167197 A (HAMAMATSU PHOTONICS KK), 2 July 1993 (1993-07-02) abstract; figures 5-10	1-4, 11
A	---	5, 6, 13
	-/-	

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 July 2000

Date of mailing of the international search report

13/07/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Claessen, L

International Application No  
PCT/EP 00/01041

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 533 390 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 24 March 1993 (1993-03-24) column 7-8; figure 3 ---	1,2,10, 11
A	PEZESHKI B ET AL: "MULTIPLE WAVELENGTH LIGHT SOURCE USING AN ASYMMETRIC WAVEGUIDE COUPLER" APPLIED PHYSICS LETTERS, US, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, NEW YORK, vol. 65, no. 2, 11 July 1994 (1994-07-11), pages 138-140, XP000458769 ISSN: 0003-6951 figure 1 ---	1,8,9
A	FR 2 739 982 A (QUANTEL) 18 April 1997 (1997-04-18) page 10; figure 3 ----	1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/01041

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
JP 56073485 A	18-06-1981	NONE		
US 3883888 A	13-05-1975	CA 1018640 A		04-10-1977
		DE 2452361 A		22-05-1975
		FR 2250203 A		30-05-1975
		GB 1440846 A		30-06-1976
		JP 50158223 A		22-12-1975
JP 05167197 A	02-07-1993	NONE		
EP 0533390 A	24-03-1993	AT 116767 T		15-01-1995
		CA 2068899 A,C		18-03-1993
		DE 69201123 D		16-02-1995
		DE 69201123 T		04-05-1995
		DK 533390 T		13-03-1995
		ES 2066563 T		01-03-1995
		HK 193895 A		05-01-1996
		JP 5206583 A		13-08-1993
		NO 923563 A		18-03-1993
		SG 31795 G		18-08-1995
		US 5343490 A		30-08-1994
FR 2739982 A	18-04-1997	FR 2738082 A		28-02-1997

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01S5/10 H01S3/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 137 (E-072), 29. August 1981 (1981-08-29) & JP 56 073485 A (FUJITSU LTD), 18. Juni 1981 (1981-06-18)	1
A	Zusammenfassung ---	2-13
X	US 3 883 888 A (KRESSEL HENRY ET AL) 13. Mai 1975 (1975-05-13)	1
A	das ganze Dokument ---	2-13
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 570 (E-1448), 15. Oktober 1993 (1993-10-15) & JP 05 167197 A (HAMAMATSU PHOTONICS KK), 2. Juli 1993 (1993-07-02)	1-4, 11
A	Zusammenfassung; Abbildungen 5-10 ---	5, 6, 13
	-/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmelde datum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmelde datum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmelde datum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- &\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
7. Juli 2000	13/07/2000
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Claessen, L

## **Internationales Aktenzeichen**

PCT/EP 00/01041

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 533 390 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 24. März 1993 (1993-03-24) Spalte 7-8; Abbildung 3 ---	1,2,10, 11
A	PEZESHKI B ET AL: "MULTIPLE WAVELENGTH LIGHT SOURCE USING AN ASYMMETRIC WAVEGUIDE COUPLER" APPLIED PHYSICS LETTERS, US, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, Bd. 65, Nr. 2, 11. Juli 1994 (1994-07-11), Seiten 138-140, XP000458769 ISSN: 0003-6951 Abbildung 1 ---	1,8,9
A	FR 2 739 982 A (QUANTEL) 18. April 1997 (1997-04-18) Seite 10; Abbildung 3 -----	1

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/01041

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 56073485 A	18-06-1981	KEINE		
US 3883888 A	13-05-1975	CA 1018640 A DE 2452361 A FR 2250203 A GB 1440846 A JP 50158223 A		04-10-1977 22-05-1975 30-05-1975 30-06-1976 22-12-1975
JP 05167197 A	02-07-1993	KEINE		
EP 0533390 A	24-03-1993	AT 116767 T CA 2068899 A,C DE 69201123 D DE 69201123 T DK 533390 T ES 2066563 T HK 193895 A JP 5206583 A NO 923563 A SG 31795 G US 5343490 A		15-01-1995 18-03-1993 16-02-1995 04-05-1995 13-03-1995 01-03-1995 05-01-1996 13-08-1993 18-03-1993 18-08-1995 30-08-1994
FR 2739982 A	18-04-1997	FR 2738082 A		28-02-1997